

①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑪ DE 35 19620 A 1

⑲ Aktenzeichen: P 35 19 620.3  
⑳ Anmeldetag: 31. 5. 85  
㉑ Offenlegungstag: 2. 1. 86

⑤① Int. Cl. 4:  
B01D 13/00

C 12 M 1/00  
C 12 M 3/00  
C 12 N 1/02  
C 12 N 5/00  
C 08 J 5/18  
A 61 M 1/14  
B 01 D 23/06

Behördeneigentum

DE 35 19620 A 1

③⑩ Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
04.06.84 US 06/617,218

⑦① Anmelder:  
Norton Co., Worcester, Mass., US

⑦④ Vertreter:  
Diehl, H., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 8000 München;  
Riederer Frhr. von Paar zu Schönau, A., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anw., 8300 Landshut

⑦② Erfinder:  
Lillo, Eric, Worcester, Mass., US

⑤④ Einrichtung und Verfahren zur Steuerung der Diffusion von Fluidkomponenten

Ein poröser keramischer Körper, der im allgemeinen röhrenförmig ausgestaltet ist, weist eine Vielzahl von parallel ausgerichteten Hohlräumen auf, in die ein Fluid eingeführt werden kann. In dem keramischen Körper ist eine Vielzahl von Porengrößen vertreten, die eine Asymmetrie bezüglich der Strömung erzeugen und dadurch eine gesteuerte Diffusion oder Trennung von Fluiden ermöglichen. Der keramische Körper kann somit als Filter eingesetzt werden.

DE 35 19620 A 1

# DIEHL & PARTNER

Patentanwälte · European Patent Attorneys

Kanzlei/Office:

Rüggerstraße 13 · D-8000 München 19

28. Mai 1985 D/we-Teu.

N 4415-D

10 NORTON COMPANY  
One New Bond Street  
Worcester, Massachusetts 01606  
USA

## EINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER DIFFUSION VON FLUIDKOMponentEN

### Patentansprüche

- 25 1. Einrichtung zur gesteuerten Diffusion von ausge-  
wählten Fluidkomponenten unter Verwendung eines  
keramischen Körpers,  
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h  
die folgenden Merkmale:
- 30 - durch den porösen keramischen Körper (26) er-  
streckt sich mindestens ein erster Hohlkanal;
- 35 - es sind Vorrichtungen (42) vorgesehen, mit denen  
mindestens ein erstes Fluid mit mindestens zwei

1 unterschiedlichen chemischen Komponenten konti-  
nuierlich in den Hohlkanal eingeführt wird, um  
das erste Fluid mindestens teilweise kontinuierlich  
5 durch die Poren des porösen Keramikkörpers strömen  
zu lassen;

- der poröse keramische Körper enthält mindestens  
eine erste Zone, die sich quer zum gesamten Strömungs-  
pfad des Fluids erstreckt und Poren mit genügend  
10 kleiner Größe aufweist, daß eine Komponente des ersten  
Fluids durch diese erste Zone mit deutlich größerer  
Geschwindigkeit diffundiert als mindestens eine  
andere Komponente des ersten Fluids; und

15 - es sind Vorrichtungen (32) vorgesehen, mit denen  
einmal der Teil des ersten Fluids gesammelt wird,  
der durch die Poren des porösen keramischen Körpers  
strömt, und die zum anderen den Teil des ersten  
Fluids sammeln, der durch den Hohlzylinder strömt.

20 2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
daß im Keramikkörper mindestens ein zweiter Hohl-  
kanal (22) vorgesehen ist, der mindestens einen Teil  
der Strömung des ersten Fluids auffängt, der durch  
25 die Poren des keramischen Körpers strömt.

3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,  
daß eine Vielzahl von ersten Hohlkanälen um den  
zweiten Hohlkanal herum angeordnet sind.

30 4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch  
gekennzeichnet, daß der keramische Körper und die  
Hohlkanäle im wesentlichen zylindrisch geformt sind.

- 1        5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
         dadurch gekennzeichnet, daß zur Diffusion einer  
         ausgewählten Komponente eines ersten Fluids in  
5        ein zweites Fluid das erste Fluid kontinuierlich  
         in mindestens einen ersten Hohlkanal eingeführt  
         wird, daß das zweite Fluid in mindestens einen  
         weiteren der ersten Hohlkanäle eingeführt wird,  
10        daß Vorrichtungen vorgesehen sind, mit denen am  
         Ende des ersten Hohlkanals mit dem ersten Fluid  
         ein drittes Fluid abgenommen wird, das bezüglich  
         der am schnellsten diffundierenden Komponente  
         des ersten Fluids verarmt ist, und daß am Ende  
15        des ersten Hohlkanals mit dem zweiten Fluid ein  
         viertes Fluid abgenommen wird, das bezüglich der  
         am schnellsten diffundierenden Komponente des  
         ersten Fluids angereichert ist.
- 20        6. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
         daß eine Mehrzahl von Hohlkanälen, denen das erste  
         Fluid zugeführt wird, um einen einzelnen Hohlkanal  
         angeordnet sind, dem das zweite Fluid zugeführt wird.
- 25        7. Einrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,  
         daß eine Mehrzahl von Hohlkanälen mit dem ersten  
         Fluid um eine Mehrzahl von Hohlkanälen mit dem  
         zweiten Fluid herum angeordnet sind.
- 30        8. Verfahren zum Verarmen eines Fluids bezüglich seiner  
         am schnellsten diffundierenden Komponenten, dadurch  
         gekennzeichnet, daß das Fluid in einen Hohlkanal  
         einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4  
         eingeführt wird, und das verarmte Fluid am Ende  
         dieses Hohlkanals abgenommen wird.

9. Verfahren zur Verarmung eines ersten Fluids bezüglich seiner am schnellsten diffundierenden Komponente und gleichzeitiger Anreicherung eines zweiten Fluids mit dieser Komponente, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Fluid und das zweite Fluid in eine Einrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7 eingeführt werden und das bezüglich der Komponente verarmte erste Fluid am Ende des Hohlkanals mit dem ersten Fluid abgenommen wird und das bezüglich der Komponente des ersten Fluids angereicherte zweite Fluid am Ende des Hohlkanals mit dem zweiten Fluid abgenommen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das verarmte erste Fluid mit einer Komponente des zweiten Fluids angereichert ist.
11. Verwendung einer Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zur Querstrom-Mikrofiltration und Ultrafiltration zur Entfernung von Teilchen aus Gasen und Fluiden, zur mikromolekularen Fraktionierung, zum Zellrecycling oder zur Zellernte.

---

1            EINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR STEUERUNG DER DIFFUSION  
             VON FLUIDKOMponentEN

---

5            Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Steuerung  
der Diffusion von Fluidkomponenten nach dem Oberbegriff  
10 des Anspruchs 1 und damit durchgeführte Verfahren. Die  
Steuerung erfolgt, indem die Fluide oder deren Komponenten  
durch poröse keramische Körper diffundiert werden. Die  
Erfindung ist besonders geeignet, um in kontinuierlichen  
Prozessen eingesetzt zu werden, beispielsweise bei der  
Trennung oder der Kombination von Flüssigkeitskomponenten.

15 Bei vielen kontinuierlichen chemischen Verfahren und  
bei anderen Techniken ist es häufig notwendig, die Kom-  
ponenten von Fluidströmen zu trennen. Eines der  
am häufigsten angewendeten Verfahren auf diesem Gebiet,  
20 besteht darin, semi-permeable Membrane aus Polymer-  
Material einzusetzen, die für verschiedene Komponenten  
des zu trennenden Stromes deutlich unterschiedliche  
Permeabilitäten aufweisen. Die Permeabilitätsunter-  
schiede können auf physikalischen oder chemischen  
25 Wechselwirkungen zwischen der oder den Komponenten der  
Membran und des Fluids beruhen. Sehr häufig beruhen  
diese Unterschiede auch nur auf dem Vorhandensein von  
kleinen Poren in der Membran, die den Durchgang einer  
Komponente des Fluids mit relativ kleinen Molekülen  
30 oder Partikeln erlaubt, nicht aber den Durchgang der  
anderen Komponente mit großen Molekülen oder Partikeln.

1 In der Praxis hat man festgestellt, daß die meisten  
Trennungen mit wirtschaftlicher Bedeutung Membrane  
erfordern, die ziemlich kleine Poren aufweisen und  
somit eine entsprechend kleine Diffusionsgeschwindig-  
5 keit selbst für die Komponente aufweisen, die am  
schnellsten durch die Membran hindurchtritt. Die Durch-  
trittsgeschwindigkeit kann durch Anlegen eines Drucks  
an das Fluid erhöht werden, doch muß die Membran dann  
mechanisch stabil und druckresistent sein, um zu  
10 verhindern, daß diese zusammengedrückt oder deformiert  
wird oder reißt. Eine derartige mechanische Stabilität  
wird normalerweise dadurch erreicht, daß die Membran  
dicker ausgestaltet wird; dadurch sinkt aber wieder die  
Diffusionsgeschwindigkeit, so daß sich diese Lösung  
15 teilweise wieder selbst aufhebt.

Die Verwendung eines hohen Drucks ist bei einigen  
Fluiden außerdem unpraktisch, insbesondere bei bio-  
logischen, wie z.B. Blut. Der Druck kann zu einer  
20 Beschädigung der Zellstrukturen führen. Selbst nicht-  
biologische kolloide Suspensionen, wie beispielsweise  
viele der häufig angetroffenen Latexpolymere, können  
durch Anlegen eines Drucks in ähnlicher Weise be-  
schädigt werden.

25 In der Vergangenheit wurden teilweise poröse kera-  
mische Stoffe zur Trennung von Fluidkomponenten ein-  
gesetzt, hauptsächlich bei Filtrationsprozessen, in  
denen feinverteilte, feste Komponenten eines Fluids  
30 entfernt wurden. Aufgrund ihrer Bruchempfindlichkeit  
und der Schwierigkeit, dünne keramische Schichten mit  
genau kontrollierter Porengröße zu erzeugen, müssen  
keramische Filter im allgemeinen dicker ausgelegt werden  
als Polymermembrane. Sie weisen daher noch geringere  
35 Trennraten auf als Polymermembrane. Dadurch wurde der

1 praktische Einsatz von keramischen Stoffen als Trenn-  
einrichtungen beschränkt. Ein Beispiel einer aus  
mehreren Schichten bestehenden keramischen Filter-  
struktur wurde vor kurzem in der französischen Patent-  
5 anmeldung 8106340 vom 30. März 1981 beschrieben.

In industriellen und medizinischen Verfahren werden  
auch Einrichtungen verwendet, die Komponenten mit einer  
kontrollierten Geschwindigkeit in ein Fluid ein-  
10 führen, obwohl diese wahrscheinlich weniger häufig an-  
getroffen werden als die kontinuierlichen Trennvor-  
gänge.

Die vorliegende Erfindung stellt sich daher die Aufgabe,  
15 eine Einrichtung der eingangs genannten Art anzugeben,  
die mit verbesserten keramischen Elementen arbeitet.

Diese Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen gekenn-  
zeichnete Erfindung gelöst.

20 Man hat festgestellt, daß keramische Körper mit über-  
legener Leistung bei der Steuerung der Diffusion von  
Fluidkomponenten hergestellt werden können, wenn ge-  
wisse keramische Pulver gesintert werden, um keramische  
25 Körper mit sehr gleichförmiger Porengröße und hoher  
mechanischer Festigkeit zu erzeugen. Vorzugsweise wer-  
den Pulver von mindestens zwei Größen verwendet und  
so eine Mehrschichtstruktur erzeugt, in welcher eine  
dünne Schicht mit relativ kleinen Poren mit mindestens  
30 einer dickeren Schicht und viel größeren Poren kombi-  
niert wird. Die dicke Schicht liefert die mechanische  
Festigkeit, während die dünne Schicht die Selektivität  
garantiert und mit einer vernünftigen Betriebsge-  
schwindigkeit kombiniert.



1 Die keramischen Körper dieser Erfindung können am  
wirkungsvollsten eingesetzt werden, wenn sie in  
Strukturen verwendet werden, die sich von den üblichen  
5 flachen Bahnen oder Einzelröhren oder Hohlfasern unter-  
cheiden, die am häufigsten zur Entfernung von Teil-  
chen aus Fluiden oder Gasen bei der mikromolekularen  
Fraktionierung verwendet werden. Die Erfindung ver-  
wendet eine Vielzahl von zylindrischen Räumen in  
10 einer Doppelschicht eines einzelnen Trennelements,  
das im allgemeinen zylindrisch geformt ist und eine  
ausgedehnte Länge aufweist. Verteiler oder ähnliche  
Geräte an einem oder beiden Enden der Elemente dienen  
zur Einführung und zum Sammeln der Eingangs- bzw.  
der Ausgangsfluide.

15 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun anhand  
von Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen

20

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines  
Teils einer bevorzugten Ausführungs-  
form eines porösen keramischen Elements  
gemäß der vorliegenden Erfindung.

25

Fig. 2 ein Längsschnitt des Elements in Fig. 1  
entlang der Linie 2-2 in Fig. 1 in ver-  
größerter Darstellung. Dieser Längs-  
schnitt zeigt die Doppelschichtstruktur,  
30 die in diesem Fall aus einer fein-  
porigen Schicht 28 und einer Schicht 26  
mit groberen Poren besteht. In dieser Aus-  
führungsform ist der in der Mitte liegende  
zylindrische Raum 22 nicht mit einer  
35 feinerporigen Schicht ausgeschlagen, da  
er als durchlässiger Sammelraum dient  
und nicht als Trennvorrichtung.

1

Diese Schicht kann auf allen Oberflächen der Einrichtung angebracht werden, wenn dies notwendig ist.

5

Fig. 3

eine perspektivische Ansicht einer Einrichtung mit einem Trennelement nach den Figuren 1 und 2 zusammen mit einem Gehäuse und den Leitungen zum Anschluß des Trennelements an einen kontinuierlichen Prozeßstrom.

10

Fig. 4

einen Längsschnitt der Einrichtung nach Fig. 3 längs der Linie 4-4 in Fig. 3.

15

Figuren  
5, 6 und 8

Querschnitte anderer möglicher Ausführungsformen der Erfindung.

20

Fig. 7

eine perspektivische Ansicht einer dieser Ausführungsformen mit der Linie 8-8, die dem Längsschnitt von Fig. 8 entspricht.

25

Diese Strukturen stellen zusammen mit einer geeigneten Auswahl der Fluidführung eine bedeutende Verbesserung gegenüber den Strukturen des Standes der Technik für die Mikrofiltration oder die Ultrafiltration dar, beispielsweise die Struktur, die in der erwähnten französischen Patentanmeldung beschrieben ist. Diese Verbesserung ist insbesondere auf das größere Verhältnis von Filteroberfläche zu Gewichtsvolumen zurückzuführen.

30

Die Einrichtung nach der Erfindung wird vorzugsweise aus gesintertem keramischem Material hergestellt, das

35

1 eine im wesentlichen gleichförmige Porengröße aufweist,  
sowie gute mechanische und Korrosionsfestigkeit. Zur  
Herstellung der Elemente kommt eine große Auswahl be-  
kannter keramischer Pulver in Frage, beispielsweise  
5 die Oxide von Aluminium, Silizium, Zirkon, Titan, Chrom  
oder Magnesium; die Carbide von Silizium, Titan oder  
Wolfram; oder natürlich auftretende Mineralien, wie  
beispielsweise Cordierit, Mullit oder ähnliches.  
Mischungen aus diesen Stoffen können auch verwendet  
10 werden.

Ein Verfahren zur Herstellung poröser keramischer  
Röhren mit Mehrfachschichten aus Keramik, die jeweils  
unterschiedliche Porositäten aufweisen, ist in der  
15 Anmeldung US-Serial No. 06/550,746 beschrieben.

Je dicker das Diffusionssteuerelement ist, desto geringer  
wird die Durchtrittsrate durch das Element. Es ist des-  
halb aus wirtschaftlichen Gründen wünschenswert, die  
20 Dicke so klein wie möglich zu halten, sofern eine aus-  
reichende Festigkeit und Haltbarkeit noch gegeben ist.  
Eine Wanddicke für das Diffusionssteuerelement von  
mindestens 1 Mikron ist erforderlich, wenn die gesamte  
Wand Poren von gleichförmiger Dicke enthält und das  
25 keramische Material aus Aluminiumoxid besteht. Die Wir-  
kungsweise der Erfindung kann am besten mit Hilfe der  
Zeichnungen erläutert werden. Die Figuren 1 und 2 zei-  
gen eine gegenwärtig bevorzugte Ausführungsform der  
Erfindung, die allgemein mit dem Bezugszeichen 20 ver-  
30 sehen ist und Fluidkomponenten kontinuierlich trennen  
kann. Eine Vielzahl von Kanälen 24 verlaufen über die  
gesamte Länge des Elements 20. Die Wände jedes Kanals 24  
sind mit einer dünnen Schicht einer feinporigen  
Keramik 28 ausgeschlagen, die ihrerseits durch einen  
35 Keramikkörper 26 mit größerer Porengröße umgeben ist.

1 Ein größerer Mittelkanal 22 verläuft über die gesamte Länge des Elements.

5 Es versteht sich von selbst, daß die Abmessungen der Ausführungsform 20 in weiten Bereichen geändert werden können. Die Porosität der Schichten 28 und 26 kann verschieden eingestellt werden, und zwar durch Verwendung entsprechender Keramikpulver beim Sintern; Poren, die hauptsächlich in einem Größenbereich von  
10 ungefähr 0,01 Mikron bis 20 Mikron oder mehr liegen, kommen in Frage. Typischerweise liegt das Porenvolumen zwischen 35 bis 55 % des Gesamtvolumens dieser Schichten, wobei im allgemeinen mindestens 95 % der Poren miteinander verbunden sind, um einen gewundenen Strömungspfad  
15 auszubilden. Bei den meisten Anwendungen wird der Durchmesser des Elements 20 im Bereich von ungefähr 2 mm bis ungefähr 20 mm gewählt. Der Mittelkanal 22 hat dann einen Durchmesser von ungefähr 0,5 bis 10 mm und die peripheren Kanäle 24 weisen Durchmesser von  
20 ungefähr 0,2 bis 5 mm auf, wobei Durchmesser unter 2 mm bevorzugt sind. Die Schicht 28 hat normalerweise eine Dicke zwischen 1 und 15 Mikron. Der Abstand zwischen den Poren muß auf den Bereich zwischen 0,1 mm bis 2 mm eingestellt werden. Innerhalb der durch die  
25 keramische Sintertechnologie bestimmten Grenzen können alle passenden Längen gewählt werden, wobei nach der bisherigen Erfahrung ein Meter eine ungefähre praktische obere Grenze darstellt.

30 In der Praxis wird das Element 20 zusammen mit anderen Komponenten eingesetzt, die in den Fig. 3 und 4 dargestellt sind. Ein fluiddichtes Gehäuse umgibt das Element 20 und verhindert zusammen mit den Endkappen 34a und 34b sowie den elastischen Verbindungen 38 ein  
35 Austreten des zu trennenden Fluids. Das Fluid wird

- 1 vorteilhafterweise über einen wahlweise vorhandenen Verteiler 40a in die Vielzahl von Kanälen 24 eingeführt; der Verteiler 40a enthält eine entsprechende Anzahl von Zuführrröhren 42a, die durch entsprechende
- 5 Öffnungen 44 in der Endkappe 34a verlaufen und dann in die Enden des jeweiligen elastischen Verbinders 38 eingepreßt werden. Die Öffnungen 44 werden zweckmäßigerweise mit O-Ringen 46 versehen, um die Öffnungen gegen Fluidaustritt abzudichten. Ein Anschluß 48a ist auf
- 10 dem Verteiler 40a vorgesehen, um diesen mit einer nicht dargestellten Fluidquelle zu verbinden. Die Endkappen 34 sind in einem geringen Abstand vom Keramikelement 20 angebracht, das seinerseits innerhalb des Gehäuses 32 mit Hilfe von Abstandhaltern 36 positioniert
- 15 ist. Die Anschlüsse 50a und 50b führen zu dem verbundenen Raum mit Einschuß des Mittelkanals 22 des Keramikelements und dem Raum 52 zwischen dem Keramikelement und dem Gehäuse 32.
- 20 Alle die in Zusammenhang mit dem Element 20 verwendeten Hilfstrukturen sollten aus einem fluiddichten Material hergestellt werden, das bezüglich des zu führenden Fluids chemisch inert ist.
- 25 Die in den Figuren 1 bis 4 dargestellte Ausführungsform der Erfindung kann auf vielerlei Weise verwendet werden. Eine der einfachsten Anwendungen ist ein Prozeß zum Trennen eines Fluids F von einer Komponente A, die durch eine feinporige Keramikschiicht schneller diffundiert als jeder andere Bestandteil von F. Das
- 30 Fluid F kann über den Anschluß 48a in den Verteiler 40a und von dort in die Kanäle 24 des Keramikelements 20 gebracht werden. Der Anschluß 50a ist dabei abgedichtet. Über Anschluß 50b kann ein Vakuum angelegt werden, oder
- 35 aber das Fluid F kann in den Anschluß 48a mit einem

- 13 -

- 13 -

1 größeren als Atmosphärendruck eingeführt werden. In jedem  
Fall wird das Fluid F bei seinem Durchgang durch die  
Einrichtung in einen Strom  $F_d$  getrennt, in dem die  
Komponente A verarmt ist, und einen Strom  $F_e$ , der den  
5 Bestandteil A in angereicherter Form enthält. Der Strom  
 $F_d$  kann über Anschluß 48 b abgezogen werden, während  
der Strom  $F_e$  über den Anschluß 50b abgenommen wird.  
Kompliziertere Prozesse, die mit Hilfe der Ausführungs-  
form 30 durchgeführt werden können, sind dem Fachmann  
10 ohne weiteres erkennbar. Beispielsweise kann ein zweites  
Fluid G in den Anschluß 50 b eingeführt werden, während  
das Fluid F wie vorher über den Anschluß 48a eingeführt  
wird. Wenn die Fluide im Gegenstrom durch das  
Element fließen, diffundiert die Komponente A in das  
15 Fluid G. Die Ausgangsströme bestehen daher aus  $F_d$ ,  
eine Variation von F, in der wie vorher A verarmt ist,  
und  $G_e$ , eine Variation von G, in der die Komponente A  
angereichert ist und die über Anschluß 50a abgenommen  
werden kann.

20 Ein besonders praktisches Beispiel einer derartigen  
Verwendung der Ausführungsform 30 für einen Gegenstrom-  
austausch von Fluidkomponenten tritt bei der künstlichen  
Sauerstoffversorgung von Blut auf, ein Verfahren, das  
25 bei einigen medizinischen Behandlungen eine wichtige  
Rolle spielt. Zu diesem Zweck wird der Sauerstoff über  
Anschluß 48 a zugeführt und Blut mit einem hohen Partial-  
druck an Kohlendioxid und wenig Sauerstoff über An-  
schluß 50b. Wenn die Porengröße der Schicht 28 fein ge-  
30 nug ist, können keine der Blutkomponenten, mit Ausnahme  
von Sauerstoff und Kohlendioxid, durch die Schicht hin-  
durchtreten, so daß das mit Sauerstoff aufgeladene Blut  
über Anschluß 50a abgenommen werden kann und eine Mi-  
schung aus Sauerstoff und Kohlendioxid über Anschluß 48b.  
35 Dieser Prozeß läßt sich mit nur kleinen oder gar keinen  
Druckunterschieden zwischen den Fluidströmen von Blut

1 und Sauerstoff durchführen, da die Unterschiede der  
Partialdrücke von Sauerstoff und Kohlendioxid über die  
zusammengesetzte Struktur 28/26 eine ausreichend große  
Treibkraft für den Austausch darstellt.

5

Ein typisches Beispiel für die Verwendung einer derartigen  
Ausführungsform 30 betrifft den Zelleinschluß in Gewebe-  
kultur, Zellfortpflanzung, Zellernte, Zellfraktionierung  
und Zellrecycling etc., während Nährstoffe durch die  
10 feinporigen Schichten diffundieren.

Für den Fachmann ist es ohne weiteres klar, daß Mehr-  
fachausführungsformen der in den Figuren 1 bis 4 dar-  
gestellten Art in Tandem oder parallel kombiniert werden  
15 können, um einen größeren Separationsgrad zu erzielen,  
bzw. ein höheres Strömungsvolumen mit dem gleichen Se-  
parationsgrad. Es ist außerdem nicht notwendig, in  
aufeinanderfolgenden Mehrfachausführungsformen, die  
Separation mit gleicher Art oder gleichem Grad durch-  
20 zuführen. Beispielsweise kann Kohlendioxid von Blut durch  
ein Vakuum in einer ersten Ausführungsform der Art 30  
getrennt werden, während Sauerstoff in einer zweiten  
derartigen Ausführungsform in das gasgereinigte Blut  
eingeführt wird. Auf diese Weise können die Kohlen-  
25 dioxid- und die Sauerstoffpegel unabhängig voneinander ge-  
steuert werden. Eine derartige unabhängige Steuerung  
kann beim Betrieb einer einzigen Ausführungsform nicht  
möglich sein, da dort eine Kreuzdiffusion dieser beiden  
Gase auftritt.

30

Einer der Vorteile der Ausführungsform nach Art 20 be-  
steht darin, daß eine große Kontaktfläche zwischen  
den beiden Fluidströmen zur Verfügung gestellt wird.  
Ein weiterer Vorteil liegt in der mechanischen Festig-  
35 keit, die durch die Röhrenform des gesamten Elements

1 bedingt ist, selbst wenn die Wanddicken nur relativ  
klein sind.

5 Für die hier beschriebene Erfindung sind viele ver-  
schiedene Ausführungsformen möglich. Beispielsweise  
zeigt Fig. 5 eine Ausführungsform mit dem Bezugs-  
zeichen 120, bei der zwei getrennte Gruppen von Kanälen  
124 und 125 in Keramiksubstraten 126 bzw. 127 ange-  
ordnet sind. Ein unterschiedlicher Bereich 128 trennt  
10 die beiden Gruppen von Kanälen. Die Porengrößen der  
Bereiche 126, 127 und 128 können alle unabhängig von-  
einander eingestellt werden, ebenso wie die Durch-  
messer der beiden Gruppen von Kanälen und des Mittel-  
kanals. Drei oder mehr verschiedene Fluidströme können  
15 in eine Ausführungsform der Art 120 eingeführt werden.

Fig. 6 zeigt eine Ausführungsform 220 mit zwei Kanälen  
223 und 224, von denen keiner zylindrisch oder axial  
ist. Die Ausführungsform 220 ist mit einem nicht porösen  
20 Keramiküberzug 60 versehen, der eine Alternative zu dem  
getrennten Gehäuse 32 der Ausführungsform 20 darstellt.  
Eine dünne Schicht aus feinporigem Keramikmaterial  
könnte als innerster Teil der Wand der Kanäle 222 und  
223 vorgesehen werden. (Dies ist in Fig. 6 nicht darge-  
stellt.) Mit geeigneten Fluidanschlüssen kann eine Kreuz-  
25 diffusion zwischen diesen beiden Kanälen erreicht werden;  
es kann aber auch ein einziges Fluid in beide Kanäle  
eingeführt werden und an den Enden ein Filtrat abge-  
nommen werden, das durch den porösen Körper der Aus-  
30 führungsform 220 hindurchgetreten ist.

Eine weitere Ausführungsform ist in den Fig. 7 und 8  
dargestellt. Diese Einrichtung 320 ähnelt stark der  
Ausführungsform 20 in den Fig. 1 bis 4 mit der Ausnahme,



daß der Mittelkanal 322 über die Enden der Peripherkanäle 324 hinaus verlängert ist. Mit einer derartigen Konfiguration kann das Fluid im Kanal 322 leicht mit Hilfe von Dichtungen vom Fluid in den Kanälen 324 getrennt werden.

Ausführungsformen der Erfindung können auch so ausgelegt werden, daß sie eine spiralförmige Strömung oder andere Strömungspfade erzeugen, in denen die "toten Zonen" in den Strömungskanälen auf ein Minimum herabgesetzt werden.

3519620

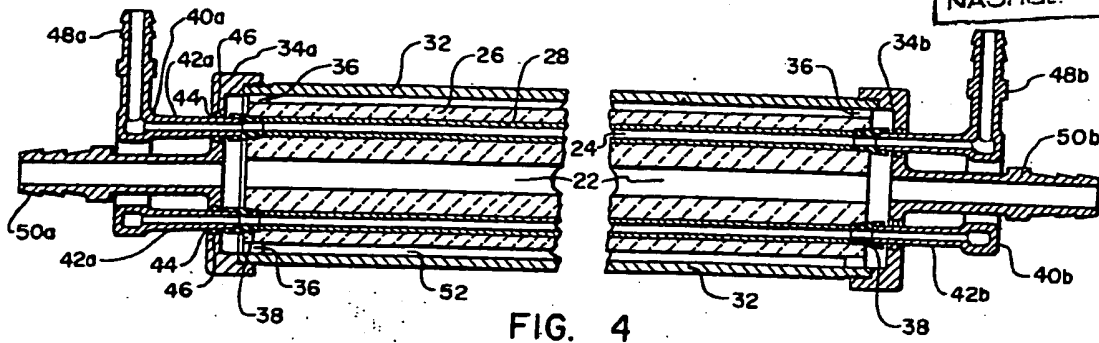


FIG. 4

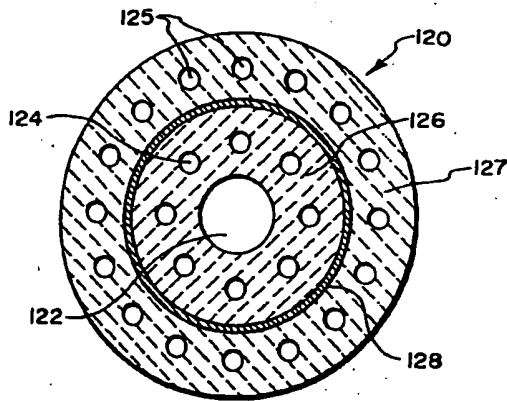


FIG. 5

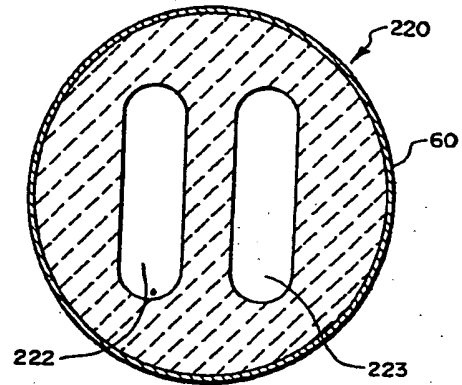


FIG. 6

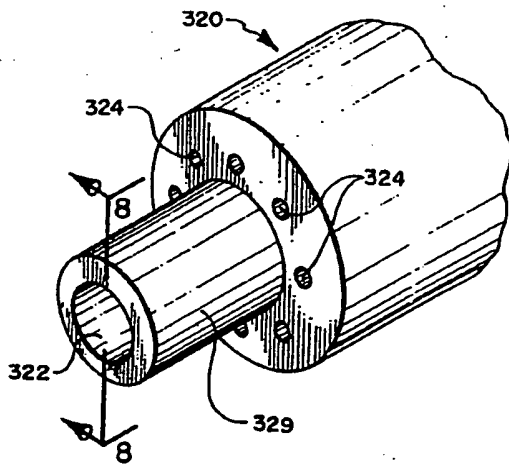


FIG. 7

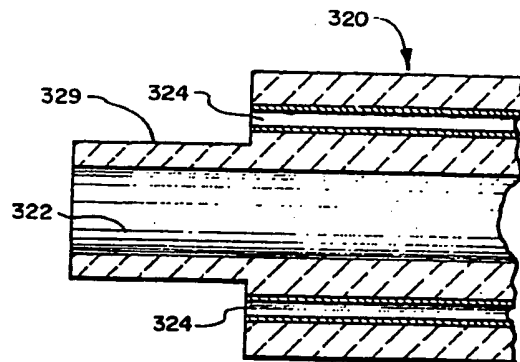


FIG. 8